

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number : 02-040567

(43) Date of publication of application : 09.02.1990

(51) Int. Cl.

G01R 19/00

(21) Application number : 63-192422 (71) Applicant : ADVANTEST CORP

(22) Date of filing : 01.08.1988 (72) Inventor : SUZUKI NAOJI

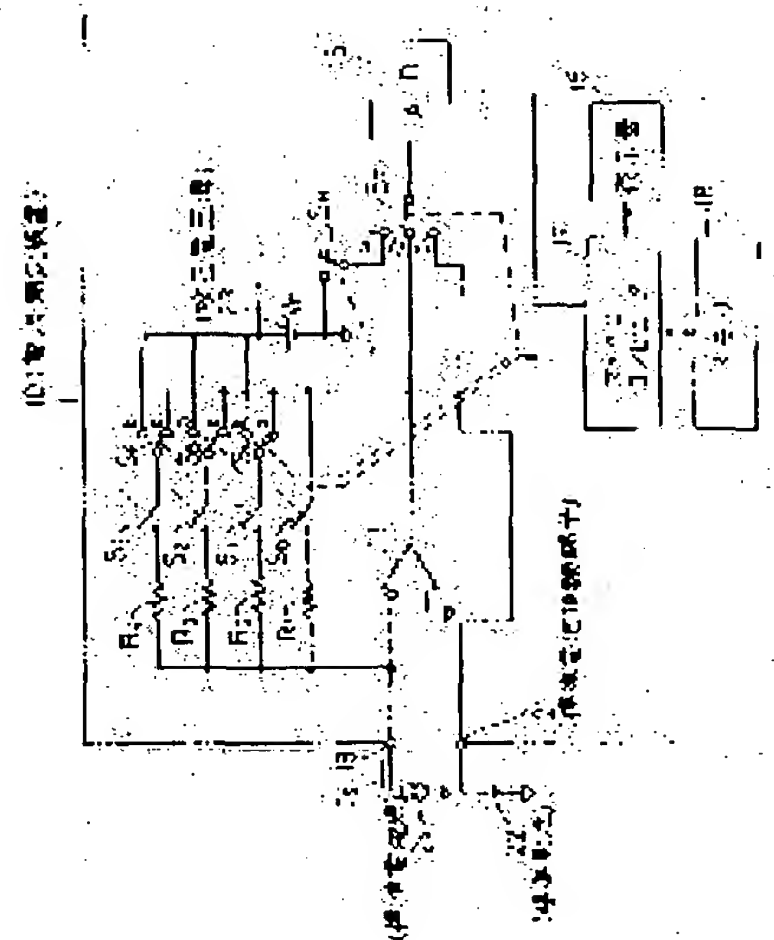
## (54) MEASURING APPARATUS OF CURRENT WITH AUTOMATIC CALIBRATION FUNCTION

## (57) Abstract:

PURPOSE: To execute highly-precise calibration in a short time by executing calibration of each range by using a calibration voltage source provided inside an apparatus.

CONSTITUTION: A standard voltage of a standard battery 22 is given directly to an A/D converter 15, and a calibration coefficient for modifying an A/D conversion value thereof to a value corresponding to the standard voltage is determined and stored in a memory 18. This converter 15 being used, a calibration voltage of a calibration voltage source 23 provided inside is measured and a true value  $V_r$  of the calibration voltage is determined. Next, in the state wherein a resistor  $R_1$  of the smallest resistance value out of a plurality of resistors for detection of current is connected between the input and output terminals of an operational amplifier 11, a standard current source 24 is connected to the input terminal of the amplifier 11, so as to

determine a true resistance value  $R_1$ . Then, a resistor  $R_2$  (to  $R_4$ ) for detection is connected between the amplifier 11 and the voltage source 23 and a current is given to the resistor  $R_1$  through the resistor  $R_2$  (to  $R_4$ ). A resistance value  $R_2$  (to  $R_4$ ) of a resistor  $R_2$  is measured from a voltage generated in this state, and a calibration coefficient for modifying the divergence thereof is determined by computation by a microcomputer 17.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-40567

⑮ Int. Cl.<sup>5</sup>  
G 01 R 19/00

識別記号 庁内整理番号  
N 7905-2G

⑬ 公開 平成2年(1990)2月9日

審査請求 未請求 請求項の数 1 (全7頁)

⑭ 発明の名称 自動校正機能付電流測定装置

⑯ 特 願 昭63-192422

⑰ 出 願 昭63(1988)8月1日

⑱ 発 明 者 鈴木 直 司 埼玉県入間郡三芳町久保526番の1

⑲ 出 願 人 株式会社アドバンテス 東京都練馬区旭町1丁目32番1号  
ト

⑳ 代 理 人 弁理士 草 野 卓

#### 明 細 書

##### 1. 発明の名称

自動校正機能付電流測定装置

##### 2. 特許請求の範囲

(1) 複数のレンジを持つ電流測定器において、標準電池接続端子を設け、この標準電池接続端子に標準電池を接続してA/D変換器に標準電圧を与え、そのA/D変換値からA/D変換器の変換利得に対する校正値を求めて記憶し、更に測定入力端子に標準電流源を接続し、この標準電流源から最も大きい電流を測定するレンジに用いる電流検出用抵抗器に標準電流を与えて電圧を発生させ、その発生電圧によってこの電流検出用抵抗器の抵抗値を求め、更に内部に校正電圧源を設け、この校正電圧源の電圧をA/D変換して上記標準電池の標準電圧と比較して校正し、爾後上記電流検出用抵抗器の抵抗値と上記校正用電圧源の電圧値を利用して他の電流検出用抵抗器の抵抗値を校正するようにした自動校正機能付電流測定装置。

##### 3. 発明の詳細な説明

#### 「産業上の利用分野」

この発明は例えば高抵抗素子の電流-電圧特性を測定するような場合に用いる電流測定装置に関し、特に自動校正機能を付加した電流測定装置に関する発明である。

#### 「従来の技術」

第5図に従来の電流測定装置を示す。図中10は電流測定装置全体を指す。電流測定装置10は演算増幅器11と、電流検出用抵抗器 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ と、これら電流検出用抵抗器 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ を選択的に演算増幅器11の入力端子と出力端子の間に接続するレンジ切替スイッチ $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ と、演算増幅器11から出力される電圧信号をデジタル信号に変換するA/D変換器15と、このA/D変換器15を制御すること、補正演算を行なうこと、表示器16に測定結果を表示すること等を実行するマイクロコンピュータ17と、このマイクロコンピュータ17に付設されたメモリ18とによって構成される。

被測定電流 $I_x$ は入力端子19を通じてレンジ切

替スイッチ  $S_1 \sim S_3$  によって選択された電流検出用抵抗器  $R_1, R_2, R_3$  の何れかに流れ、電流検出用抵抗器  $R_1, R_2, R_3$  の何れかに電圧降下を生じさせる。この電圧降下に相当する電圧が電圧信号として出力され、A/D変換されて表示器16に表示される。

つまり演算増幅器11と、電流検出用抵抗器  $R_1 \sim R_3$  によって電流-電圧変換器が構成される。演算増幅器11は高入力インピーダンス-低出力インピーダンスを実現するインピーダンス変換器として動作する。

この電流測定装置10の測定精度は電流検出用抵抗器  $R_1 \sim R_3$  の抵抗値によって決められる。このため従来この電流測定装置10を校正するために電流検出用抵抗器  $R_1 \sim R_3$  と直列に抵抗値調整用として可変抵抗器を接続したり、或はマイクロコンピュータ17に付設したメモリ18に電流検出用抵抗器  $R_1 \sim R_3$  の校正係数を記憶させ、測定の都度この校正係数を測定結果又は各電流検出用抵抗器  $R_1 \sim R_3$  の抵抗値に乗算して補正している。

において、標準電池接続端子を設け、この標準電池接続端子に標準電池を接続してA/D変換器に標準電圧を与え、そのA/D変換値からA/D変換器の変換利得に対する校正値を求めて記憶し、更に測定入力端子に標準電流源を接続し、この標準電流源から最も大きい電流を測定するレンジに用いる電流検出用抵抗器に標準電流を与えて電圧を発生させ、その発生電圧によってこの電流検出用抵抗器の抵抗値を求め、更に内部に校正電圧源を設け、この校正電圧源の電圧をA/D変換して上記標準電池の標準電圧と比較して校正し、爾後上記電流検出用抵抗器の抵抗値と校正用電圧源の電圧値を利用して他の電流検出用抵抗器の抵抗値を校正するようにして自動校正機能付電流測定装置を構成したものである。

#### 「作用」

この発明の構成において、先ず外部に標準電池を用意し、この標準電池の標準電圧を直接A/D変換器に与え、そのA/D変換出力が標準電圧に対応する値になっているか否かを判別し、標準電圧に

#### 「発明が解決しようとする課題」

電流検出用抵抗器  $R_1 \sim R_3$  のそれぞれに抵抗値調整用の可変抵抗器を直列に接続するか、又は各電流検出用抵抗器  $R_1 \sim R_3$  の校正係数をメモリ18に記憶させる方法の何れにしても各レンジ毎に校正を行なわなくてはならない。

このため各レンジのフルスケールに対応する電流を発生する標準電流発生器を用意し、この標準電流発生器を利用して各レンジを校正している。

また測定電流レンジがマイクロ、ナノ、ピコオーダーのように微少電流の場合は入力端子19と標準電流発生器との間に接続されるケーブルの静電容量の影響によって標準電流発生器から与えられる電流が安定するまでの時間が長いため、校正に時間が掛る欠点もある。

この発明はこれらの欠点を解決して微少電流域での校正を自動化した校正機能を備えた電流測定装置を提供しようとするものである。

#### 「課題を解決するための手段」

この発明では複数のレンジを持つ電流測定器に

対応する値から外れている場合は、そのA/D変換値を標準電圧に対応する値に修正するための校正係数を求め、この校正係数をメモリに記憶してA/D変換器の校正を終了する。

このようにして校正されたA/D変換器を使って、内部に設けた校正電圧源の校正電圧を測定し、校正電圧の真値を求める。

次に複数ある電流検出用抵抗器の中の最も抵抗値が小さい、つまり最も電流値が大きいレンジで用いられる第1電流検出用抵抗器の抵抗値を校正する。

この校正は演算増幅器の入力と出力端子間に第1電流検出用抵抗器を接続した状態で演算増幅器の入力端子に標準電流源を接続して行なわれる。

つまり第1電流検出用抵抗器に外部から既知の値を持つ標準電流を与え、そこに発生する電圧をA/D変換器でA/D変換し、そのA/D変換値からそのとき接続されている第1電流検出用抵抗器の真の抵抗値を求める。

第1電流検出用抵抗器の抵抗値が求まると、そ

の状態で次に大きい抵抗値の第2電流検出用抵抗器を演算増幅器と内部に設けた校正電圧源との間に接続し、この第2電流検出用抵抗器を通じて第1電流検出用抵抗器に電流を与える。この状態で発生する電圧は第1電流検出用抵抗器の抵抗値を $R_1$ 、第2電流検出用抵抗器の抵抗値を $R_2$ 、校正電圧源の電圧を $V_r$ とすると、 $\frac{R_1}{R_2} \cdot V_r$ で与えられる。この結果この測定電圧と $R_1$ と $V_r$ が既知であることから第2電流検出用抵抗器の抵抗値 $R_2$ を求めることができる。

このようにして第1の電流検出用抵抗器の抵抗値と、校正電圧源の電圧を利用して第2、第3、第4の電流検出用抵抗器の抵抗値を測定し、そのズレを修正する校正係数をマイクロコンピュータの演算によって求める。

従ってこの発明によれば内部に設けた校正電圧源で発生する校正電圧を利用して第2、第3、第4・・・の電流検出用抵抗器の抵抗値を校正するための測定を行なうから、各レンジ毎に校正用の標準電流源を用意しなくて済む利点が得られる。

に選択的に入力するための切換スイッチを示す。

一方電流検出用抵抗器 $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ の一端は演算増幅器11の反転入力端子に接続する。最も大きい電流レンジを規定する第1電流検出用抵抗器をここでは $R_1$ とすると、この抵抗器 $R_1$ はレンジ切替スイッチ $S_0$ を通じて演算増幅器11の出力端子に接続する。

その他の電流検出用抵抗器 $R_2$ 、 $R_3$ 、 $R_4$ はレンジ切替スイッチ $S_1$ 、 $S_2$ 、 $S_3$ を通じてモード切替スイッチ $S_4$ 、 $S_5$ 、 $S_6$ の可動接点に接続する。

このモード切替スイッチ $S_4$ 、 $S_5$ 、 $S_6$ の一方の接点aは演算増幅器11の出力端子に接続され、他方の接点bは校正電圧源23に接続される。

レンジ切替スイッチ $S_0 \sim S_3$ とモード切替スイッチ $S_4 \sim S_6$ 及び切替スイッチ $S_7$ 、 $S_8$ はマイクロコンピュータ17によってそれぞれ独立してプログラムに従って自動的に切替制御される。

通常の測定モードではモード切替スイッチ $S_4$ 、 $S_5$ 、 $S_6$ は接点aに接続され、また切替スイッチ $S_7$ は接点bに接続され、入力される被測定電流の

また内部の校正電圧源を利用して各レンジの校正を行なうから、ケーブルの影響を受けることがない。このために短時間に校正を行なうことができる利点も得られる。

#### 「実施例」

第1図にこの発明の一実施例を示す。図中10はこの発明による自動校正機能付電流測定装置を示す。

この発明による自動校正機能付電流測定装置10は測定入力端子19の他に標準電圧入力端子21を有し、この標準電圧入力端子21に必要に応じて標準電池22を接続し、スイッチ $S_7$ を接点cに転換することによってAD変換器15に標準電池22から標準電圧を与えることができるように構成する。

更にこの発明では内部に校正電圧源23を設け、この校正電圧源23から校正電圧 $V_r$ を発生させ、この校正電圧 $V_r$ をスイッチ $S_7$ の接点aを通じてAD変換器15に供給できるように構成する。尚スイッチ $S_8$ は校正電圧 $V_r$ と共通電位をAD変換器15

大きさに応じてレンジ切替スイッチ $S_0 \sim S_3$ が選択されて何れか一つがオンに操作されて測定が行なわれる。

これに対し校正動作は次の順序に従って実行される。

#### ① AD変換器15を校正する。

スイッチ $S_7$ を接点cに接続し、入力端子21に標準電池22を接続する。AD変換器15は標準電池22から与えられる既知の電圧DをAD変換し、そのAD変換値 $S_F$ をメモリ18に記憶する。この場合AD変換器15に共通電位の0Vを入力し、そのときのAD変換値 $S_Z$ を $S_F$ から減算し、ゼロ点のズレを除去した $k = S_F - S_Z$ をメモリ18に記憶する。またこのとき使用した標準電池22の真の電圧D(電池22に表示されている)をメモリ18に記憶させる。

#### ② 校正電圧源23の電圧を測定する。

切替スイッチ $S_7$ を接点aに接続し、切替スイッチ $S_8$ を転換してAD変換器15に校正電圧 $V_r$ と共通電位0Vを与える。校正電圧 $V_r$ のAD変換値 $E_F$



から0 Vを与えたときのAD変換値 $E_z$ を減算し、 $P = E_F - E_z$ を求め $P$ をメモリ18に記憶する。

③基準抵抗 $R_1$ を校正する。

最大レンジを規定する第1電流検出用抵抗器が $R_1$ とすると、この抵抗器 $R_1$ が電流検出用抵抗器の中で最も抵抗値が小さい値となる。つまり電流測定レンジが $1, \frac{1}{10}, \frac{1}{100}, \frac{1}{1000}$ の關係に設定されたとすると、 $R_1, R_2, R_3, R_4$ の抵抗値は $R_1$ の抵抗値を1とすれば $R_2$ は10倍、 $R_3$ は100倍、 $R_4$ は1000倍の抵抗値となる。

従ってここでは最も抵抗値が小さい電流検出用抵抗器 $R_1$ を基準抵抗器と定め、この基準抵抗器 $R_1$ の真の抵抗値を測定する。

このためにはスイッチ $S_7$ を接点bに接続し、レンジ切替スイッチ $S_0$ をオン、 $S_1 \sim S_3$ をオフに制御する。この状態で入力端子19に標準電流源24を接続し、既知の標準電流 $I_s$ を入力する。このとき演算増幅器11の出力に発生する電圧をAD変換し、この測定値を $a_1$ としてメモリに記憶する。またこのとき入力した標準電流 $I_s$ の真の値(標準

号を抵抗値と共用する)これを校正するとデータは $X$ にならなければならない。つまり校正係数を $G_2$ とすると、

$$X = G_2 \cdot c_1 \quad \dots \dots \dots (2)$$

(1), (2)式より校正係数 $G_2$ は

$$G_2 = \frac{1}{R_2}$$

を求めればよい。

第2図において

$$b_2 = \frac{R_1}{R_2} V_r \quad \dots \dots \dots (3)$$

③で求めた電流検出用抵抗器 $R_1$ の校正では

$$a_1 = R_1 \cdot A_1 \quad \dots \dots \dots (4)$$

①, ②のAD変換器15の校正データと、校正電圧 $V_r$ の測定により

$$V_r : P = D : k \quad \dots \dots \dots (5)$$

(5)式より、

$$V_r = \frac{P \cdot D}{k} \quad \dots \dots \dots (6)$$

(3)式に(4), (6)式を代入すると、

電流源24に表示されている値)を $A_1$ としてメモリ18に記憶する。この記憶が行なわれると標準電流源24は入力端子19から切離される。

④電流検出用抵抗器 $R_2$ の抵抗値を測定する。

切替スイッチ $S_7$ をbに接続し、レンジ切替スイッチ $S_0, S_1$ をオン、その他 $S_2, S_3$ はオフ、モード切替スイッチ $S_4$ を接点bに接続する。

従ってこの状態では第2図に示すように校正電圧源23が電流検出用抵抗器 $R_2$ を通じて演算増幅器11の反転入力端子に接続され、電流検出用抵抗器 $R_2$ を通じて電流 $I_b$ を電流検出用抵抗器 $R_1$ に与える。このときAD変換器15の出力側に現われる電圧を $b_2$ としてメモリ18に記憶する。

⑤電流検出用抵抗器 $R_2$ の校正係数を求める。

今ここで電流検出用抵抗器 $R_2$ による測定レンジの接続状態は第3図に示すようになる。

この測定状態において、被測定電流を仮に $X$ とし、そのAD変換データを $c_1$ とすると、

$$c_1 = R_2 X \quad \dots \dots \dots (1)$$

であるから(以下電流検出用抵抗器 $R_1 \sim R_4$ の符

$$b_2 = \frac{a_1 \cdot P \cdot D}{A_1 \cdot k} \cdot \frac{1}{R_2}$$

$$G_2 = \frac{1}{R_2} = \frac{A_1 \cdot k}{a_1 \cdot P \cdot D} \quad \dots \dots \dots (7)$$

これによって電流検出用抵抗器 $R_2$ のレンジの校正係数 $G_2$ が求まる。この校正係数 $G_2$ をメモリ18に記憶する。

⑥電流検出用抵抗器 $R_3$ と $R_4$ のレンジでは第2図で電流検出用抵抗器 $R_2$ を $R_3$ と $R_4$ に変更すればよい。

然し乍ら電流検出用抵抗器 $R_4$ のレンジでは各レンジが10倍ずつ変化するものとすれば、 $R_4$ と $R_1$ の抵抗値の比は1/1000にもなり、AD変換器15のダイナミックレンジが不足となる。この制約から必要な有効データが得られなくなる。そこで電流検出用抵抗器 $R_4$ の校正係数を求めるときは電流検出用抵抗器 $R_3$ を $R_1$ の代りに基準抵抗器として使用する。

(7)式より電流検出用抵抗器 $R_3$ の校正係数 $G_3$ は

$$G_3 = \frac{1}{R_3} = \frac{A_1 \cdot k \cdot b_3}{a_1 \cdot P \cdot D} \quad \dots \dots \dots (8)$$

となる。

$$(3) \text{式から } b_4 = \frac{R_3}{R_4} \cdot V_r$$

$$G_4 = \frac{1}{R_4} = \frac{b_4}{R_3 \cdot V_r} \quad \dots \dots \dots (9)$$

(9)式に(8)式と(6)式を代入すると、

$$G_4 = \frac{A_1 \cdot k^2 \cdot b_3 \cdot b_4}{a_1 \cdot P^2 \cdot D^2} \quad \dots \dots \dots (10)$$

となる。

このように各電流検出用抵抗器  $R_2$  ,  $R_3$  ,  $R_4$  の校正係数  $G_2$  ,  $G_3$  ,  $G_4$  は

$$G_2 = \frac{A_1 \cdot k \cdot b_2}{a_1 \cdot P \cdot D}$$

$$G_3 = \frac{A_1 \cdot k \cdot b_3}{a_1 \cdot P \cdot D}$$

$$G_4 = \frac{A_1 \cdot k^2 \cdot b_3 \cdot b_4}{a_1 \cdot P^2 \cdot D^2}$$

で与えられ、これら各補正係数  $G_2$  ,  $G_3$  ,  $G_4$  を測

また内部に設けた校正電圧源を利用して校正を行なう構造としたからケーブルの静電容量の影響を受けなくて校正を行なうことができる。この結果校正を短時間に済ませることができる。

更にこの発明では電流検出用抵抗器  $R_1 \sim R_4$  の内で最も抵抗値の小さい抵抗器を基準抵抗器と定め、この基準抵抗器の抵抗値を利用して各レンジの校正を行なう構造としたから精度の高い校正を行なうことができる。

換言すれば抵抗器の経時変化は抵抗値が大きい程大きくずれる。このために基準となる抵抗器を抵抗値が最も小さい抵抗器に選定することによって経時変化による影響を最小にすることができ、この点で校正の精度を確保することができる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図はこの発明の一実施例を示す接続図、第2図及び第3図はこの発明の校正動作を説明するための接続図、第4図はこの発明の変形実施例を示す接続図、第5図は従来の技術を説明するための接続図である。

定の都度演算して求めるか、又はメモリ18に記憶しておくことができる。これらの校正動作はマイクロコンピュータ17に内蔵したROMに収納したプログラムに従って自動的に実行される。

#### 「変形実施例」

上述においてはレンジ切替スイッチ  $S_0 \sim S_6$  が順次一個だけオンに操作されてレンジを切替る構造の場合を説明したが、複数の電流検出用抵抗器を全部並列接続して最も電流値が大きいレンジを設定し、その状態から電流検出用抵抗器を一本ずつ切離して測定電流のレンジを下げるように構成することもできる。

また第4図に示すように基準抵抗  $R_x$  を演算増幅器11の入力側に接続することもできる。

#### 「発明の効果」

以上説明したようにこの発明によれば内部に設けた校正電圧源23を用いて各レンジの校正を行なうから、各レンジ毎に標準電流源を用意しなくてよい。よって利用者の経済的な負担を少なくすることができる。

10：電流測定装置、11：演算増幅器、 $R_1 \sim R_4$ ：電流検出用抵抗器、 $S_0 \sim S_3$ ：レンジ切替スイッチ、 $S_4 \sim S_6$ ：モード切替スイッチ、 $S_7$ 、 $S_8$ ：切替スイッチ、15：AD変換器、16：表示器、17：マイクロコンピュータ、18：メモリ、22：外部に設けた標準電池、23：内部に設けた校正電圧源、24：外部に設けた標準電流源。

特許出願人 株式会社 アドバンテスト

代理人 草 野 卓

図 1

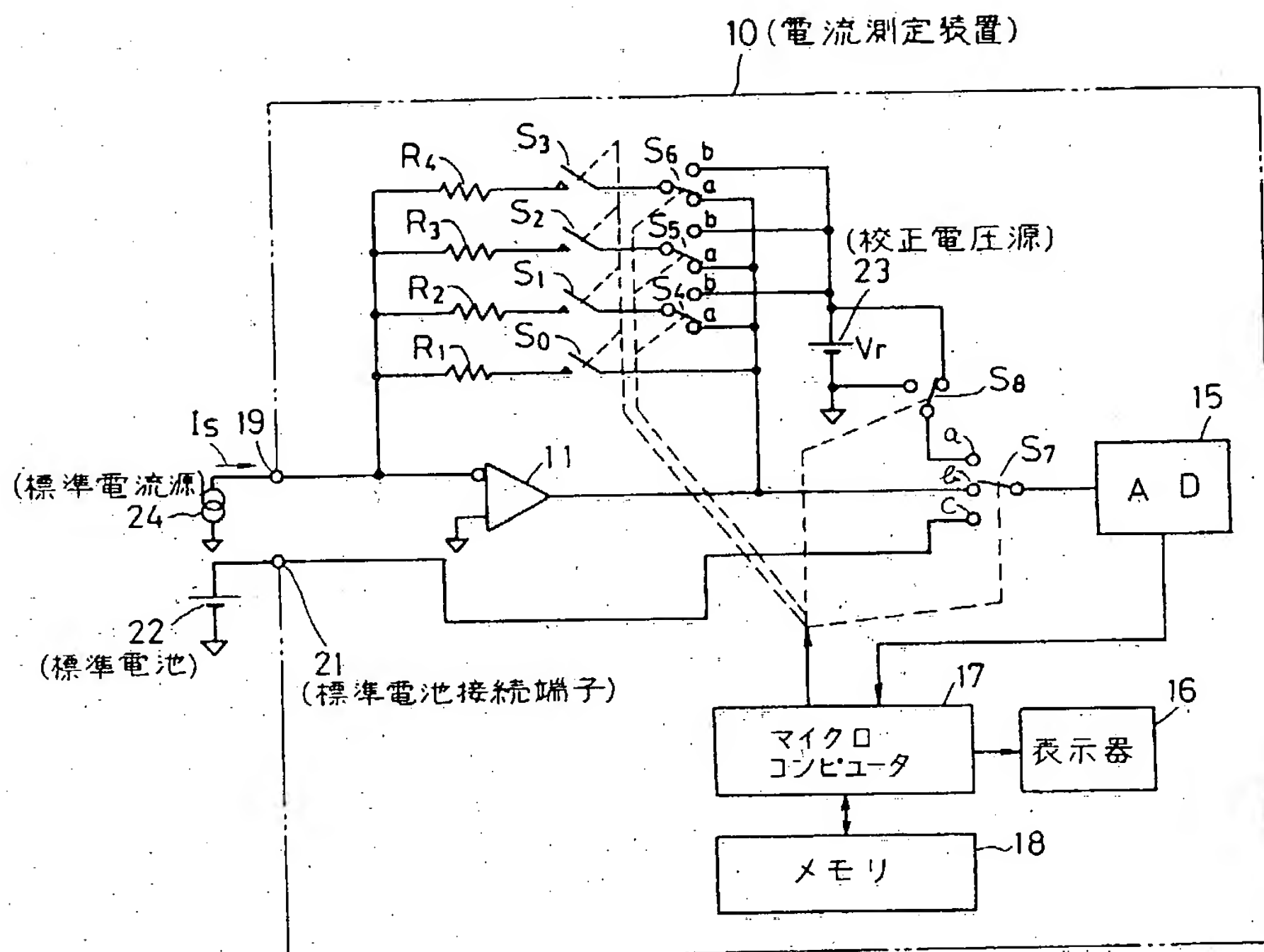


図 2

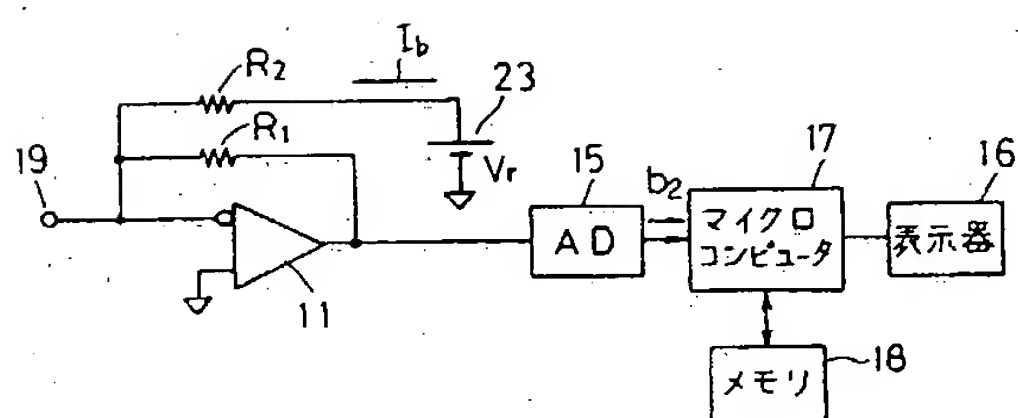


図 3

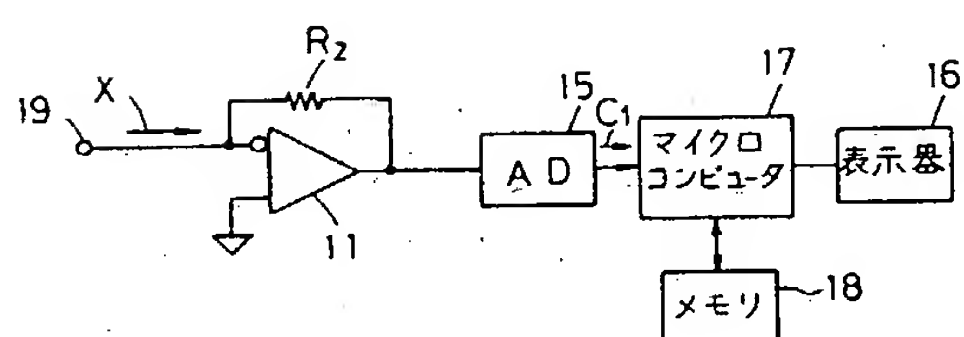
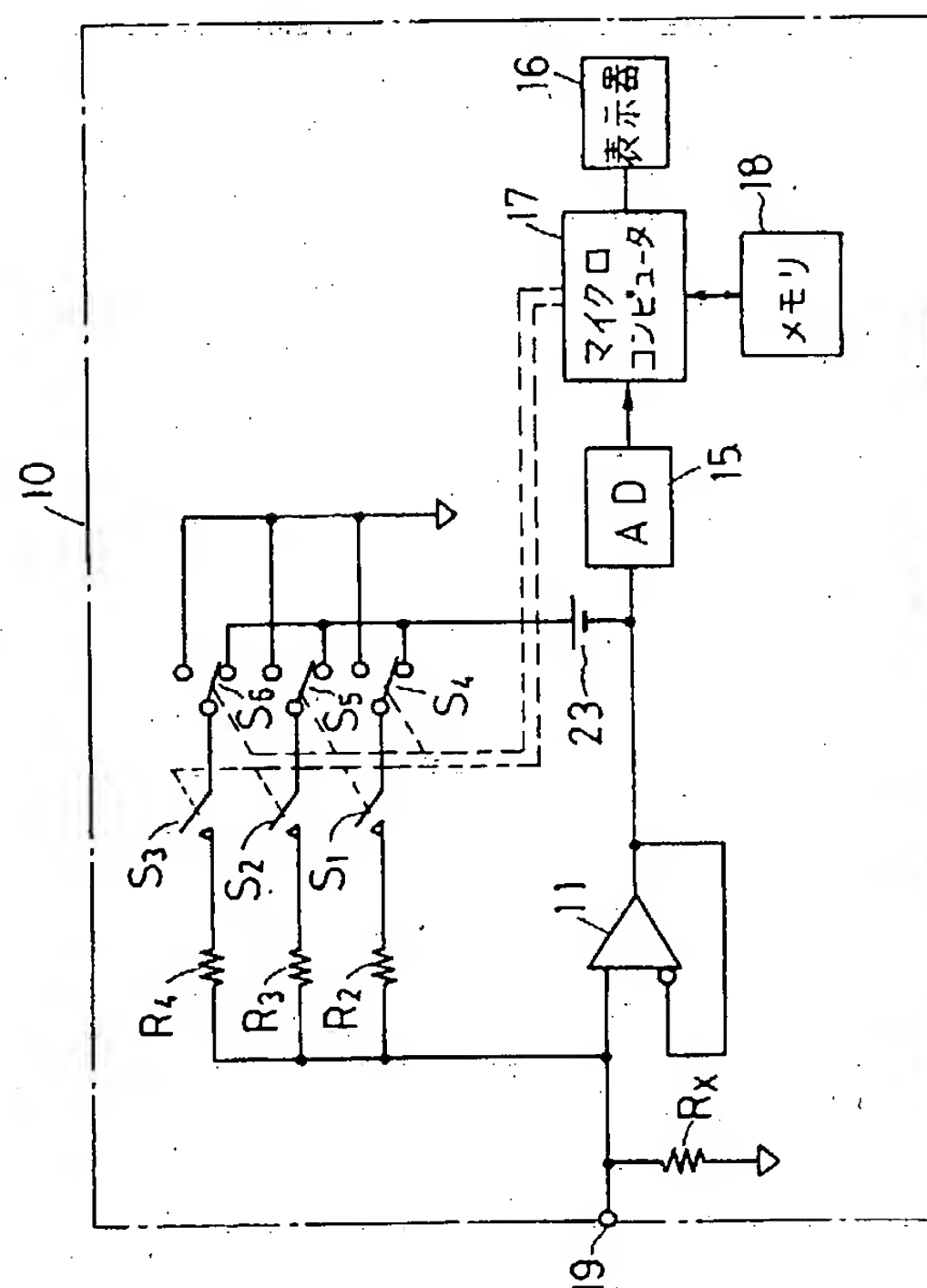


図 4



特開平2-40567(7)

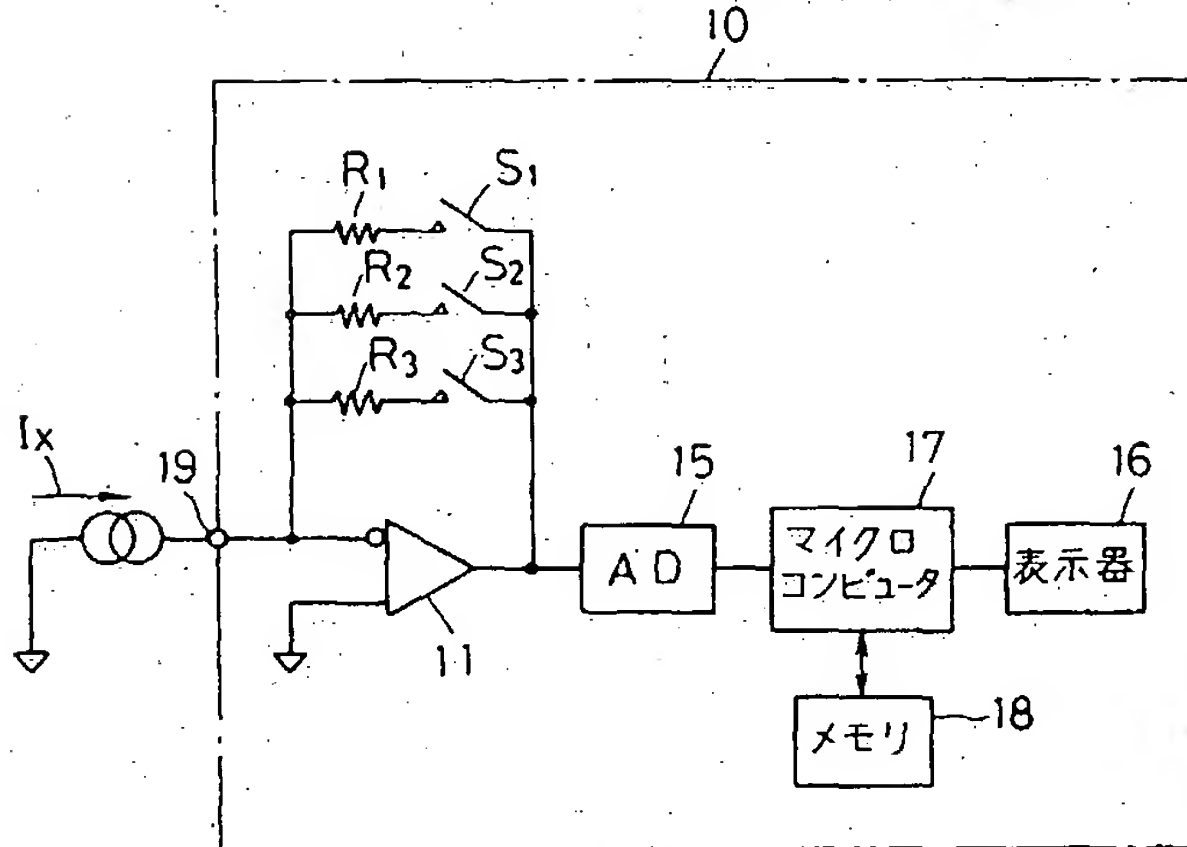
手 続 補 正 書 (自発)

昭和63年9月2日

特許庁長官 殿

ホ 5 図

(電流測定装置)



1. 事件の表示 特願昭63-192422
2. 発明の名称 自動校正機能付電流測定装置
3. 補正をする者 事件との関係 特許出願人  
株式会社 アドバンテスト
4. 代理人 東京都新宿区新宿四丁目2番21号  
相模ビル (Tel. 03-350-6456)  
6615 弁理士 草野 卓
5. 補正の対象 明細書の発明の詳細な説明の欄  
および図面

6. 補正の内容

(1) 明細書14頁2行

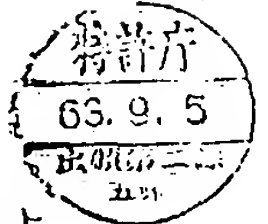
$$G_z = \frac{1}{R_z} = \frac{A_i \cdot k}{a_i \cdot P \cdot D} \dots (7) \text{ を}$$

$$G_z = \frac{1}{R_z} = \frac{A_i \cdot k \cdot b_z}{a_i \cdot P \cdot D} \dots (7)$$

と訂正する。

(2) 図面第4図を添付図に訂正する。

以上



ホ 4 図

